



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences

Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique  
Réponse des Sciences 2011/007

Région du Québec

## AJOUT D'UN BRISE-LAME AU QUAI DES PILOTES DE LES ESCOUMINS, QUÉBEC - EFFETS POTENTIELS SUR LES MAMMIFÈRES MARINS

### Contexte

L'Administration de pilotage des Laurentides (APL) projette de faire construire un brise-lames en palplanches à l'automne 2011 dans l'anse aux Basques à Les Escoumins. L'APL est une société d'État fédérale dont le mandat consiste à procurer des services de pilotage aux navires qui font route sur le Saint-Laurent et le fjord du Saguenay dans le but d'assurer la sécurité de la navigation. Elle dispose d'une station de transbordement aux Escoumins, dans l'anse aux Basques, où sont amarrés ses deux bateaux-pilotes. Suite au remplacement de l'un de ses bateaux-pilotes, il s'avère nécessaire de construire un ouvrage de protection contre les vagues pour permettre un amarrage sécuritaire. En effet, les vagues sont importantes dans l'anse aux Basques et l'ajout d'un brise-lames au quai existant permettra de réduire les risques de bris des bateaux et de faciliter les opérations.

Le projet de construction d'un brise-lames dans l'anse aux Basques est assujéti à un examen préalable en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCÉE), puisque l'APL est le promoteur et que Pêches et Océans Canada doit émettre une autorisation en vertu du paragraphe 35(2) de la *Loi sur les pêches* (LP). La Division de la gestion de l'habitat du poisson (DGHP) a entrepris l'analyse du projet en vertu de la LP et de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) et a sollicité le 2 août 2011 la collaboration des scientifiques de la Direction régionale des sciences qui détiennent une expertise sur les mammifères marins de l'estuaire du Saint-Laurent afin d'obtenir leur avis sur les impacts potentiels du projet sur les cétacés, et en particulier les espèces en péril, notamment le rorqual bleu de l'Atlantique Nord et le béluga du Saint-Laurent. Considérant le cours délai (avis requis le 16 août 2011 afin de ne pas entraver le début des travaux), un *Processus Spécial de Réponse de la Direction des Sciences* (PSRS) a été entamé afin de fournir un avis scientifique sur trois questions spécifiques liées à la réalisation de ce projet et à ses effets potentiels sur les cétacés :

1. Étant donné qu'aucun forage ou enfoncement de pieux ou de palplanches n'aura lieu entre les mois de juin et août et qu'un programme de surveillance des cétacés sera mis en oeuvre, est-ce que les activités de construction du brise-lames à Les Escoumins risquent de causer un dérangement important ou des impacts significatifs aux cétacés?
2. Le cas échéant, quelles mesures d'atténuation additionnelles devrait-on exiger du promoteur afin de réduire ce dérangement ou ces impacts?
3. Si aucune mesure ne permet de réduire les impacts, peut-on conclure que les activités de construction ne toucheraient les populations de béluga du Saint-Laurent et de rorqual bleu de l'Atlantique que de façon incidente, et que les conditions suivantes seraient toutes respectées?
  - Toutes les solutions de rechange raisonnables ont été examinées et la meilleure solution a été adoptée.
  - Toutes les mesures afin de minimiser les conséquences négatives de l'activité ont été prises.

- L'activité ne mettra pas en péril la survie ou le rétablissement de l'espèce.

Ce rapport de réponse des Sciences découle de la réunion tenue le 2 août 2011 dans le cadre du PSRS sur l'examen des effets potentiels sur les mammifères marins du projet d'ajout d'un brise-lames au quai des pilotes aux Escoumins. Trois experts de l'acoustique "sous-marine" et du comportement des mammifères marins y ont assisté. Une description des principaux aspects du projet, des échéanciers et de mesures d'atténuation proposés leur ont été soumis pour examen afin de formuler le présent avis.

Le projet proposé de construction d'un brise-lame côtier dans une région reconnue comme habitat exceptionnel pour les mammifères marins (ZPM de l'Estuaire et Parc Marin) présente des risques non-négligeables d'impacts négatifs sur les animaux fréquentant la région, dont les espèces soumises à la LEP que sont les bélugas et les rorquals bleus. Cet impact est transmis par la propagation des bruits associés à la construction, particulièrement les bruits pulsés de battage de palplanches et de pieux. Ces forts bruits pulsés peuvent causer des dommages physiques permanents aux animaux à courtes distances de la source. Ils modifient le bruit ambiant sur des distances de plusieurs dizaines de km et engendrent des effets sur le comportement des animaux qui ont été démontrés jusqu'à au moins 20 km.

## Renseignements de base

### Fréquentation de l'estuaire maritime

L'estuaire du Saint-Laurent constitue une zone biologiquement et écologiquement importante pour les mammifères marins compte tenu de la diversité d'espèces qu'on y retrouve et des fonctions supportées par ce milieu (Lesage et al. 2007). L'estuaire maritime du Saint-Laurent (EMSL) supporte d'ailleurs une importante industrie d'observation des mammifères marins. Une partie des populations de béluga et de phoque commun y résident toute l'année (Michaud et al. 1990, Lesage et al. 2004), alors que celles d'au moins 10 autres espèces, dont trois pinnipèdes et sept cétacés, visitent l'EMSL de façon saisonnière principalement pour s'y alimenter. Exception faite des phoques du Groenland et à capuchon pour qui l'occupation de l'EMSL se centre sur la période hivernale, c'est généralement lors des périodes d'eau libre de glace que les autres visiteurs saisonniers exploitent ce secteur (revue : Lesage et al. 2007). Parmi les espèces fréquentant l'EMSL, quatre ont un statut précaire selon le Comité sur le Statut des Espèces en Péril au Canada (COSEPAC). Il s'agit du rorqual bleu qui est considéré en danger de disparition, le béluga qui est menacé d'extinction, et le rorqual commun et le marsouin commun dont les statuts sont jugés préoccupants.

L'EMSL constitue l'habitat principal du rorqual bleu et du rorqual commun lorsqu'ils fréquentent l'estuaire du Saint-Laurent, et le cœur de l'habitat du béluga puisqu'il est fréquenté à l'année par ce dernier (Mosnier et al. 2010, Doniol-Valcroze et al. données non publiées, Lesage et al. 2007). Le talus nord du chenal Laurentien, incluant le secteur situé à proximité de l'Anse-aux-Basques où les travaux proposés auront lieu, constitue l'un des principaux habitats d'alimentation du rorqual bleu (Doniol-Valcroze et al. données non publiées) et du béluga (Lemieux Lefebvre 2009, Mosnier et al. 2010, Mosnier et al., données non publiées). C'est aussi là où se concentre le krill, source principale de nourriture des rorquals bleus, sous l'action de processus océanographiques particuliers (Simard 2009, et réf. citées).

La proportion des populations de bélugas et de rorquals bleus fréquentant l'EMSL varie selon les saisons. Chez le béluga par exemple, cette zone abriterait de 35 à 60 % de la population durant l'été, et vraisemblablement la majorité de la population en septembre et octobre puisque l'importance relative de l'estuaire moyen se réduit à ce moment. Les données existantes, bien que fragmentaires, suggèrent que moins du quart de la population occuperaient l'EMSL de novembre à mai (revue dans Mosnier et al. 2010).

La proportion de la population de rorqual bleu fréquentant chaque année l'estuaire du Saint-Laurent est inconnue puisque la taille de sa population l'est également, bien qu'estimée à moins de 250 individus matures (Sears et Calambokidis 2002). Un minimum variant de 23 à 96 rorquals bleus différents (moyenne  $\pm$  E.T. =  $60 \pm 21$  ind.) visitent annuellement le Saint-Laurent, dont une quarantaine d'individus en moyenne fréquentent annuellement l'EMSL (Comtois et al. 2010). Cette région a été visitée par au moins 220 individus différents entre 1987 et 2007. Quatre-vingt-douze visiteurs réguliers du Saint-Laurent seraient assidus à l'EMSL, c'est-à-dire que bien que tous n'y soient pas recensés chaque année, ils semblent y revenir sur une base régulière depuis leur première observation.

Les rorquals bleus sont observés dans l'EMSL principalement de juillet à octobre, avec une période d'abondance maximale s'étendant au moins du début août à la fin septembre (Lesage et al., données non publiées, Edds et Macfarlane 1987). Le léger déclin des nombres observés en octobre est vraisemblablement en partie lié à la réduction de l'effort d'observation en mer. En effet, les enregistrements de l'activité vocale des rorquals démontrent une intensification de l'activité vocale du début septembre à la fin décembre dans la région des Escoumins pour les rorquals communs et les rorquals bleus (Y. Simard, MPO, Données non publiées). Ces résultats suggèrent donc la persistance d'individus de ces deux espèces dans la région jusqu'à tard en automne et au début de l'hiver. Ils démontrent aussi l'occurrence périodique de rorquals bleus dans l'estuaire tout au long de l'année, incluant les mois d'hiver (Y. Simard, *ibid.*).

### Bruit associé à ce genre de travaux et leurs effets

Le projet de construction d'un brise-lame présenté aura pour effet de générer du bruit qui sera irradié dans l'eau environnante. Les caractéristiques fréquentielles (spectrales) et d'intensité de ces bruits de constructions (e.g. Hastings et Popper 2005, Greene et al. 2008, Erbe 2009, Mann et al. 2009) permettent leur détection et audibilité (cf. Au & Hastings 2008, Popper & Hastings 2009, Slabbekoorn et al. 2010) par une large variété d'organismes, dont les mammifères marins susceptibles d'être présents dans cet habitat.

On y distingue deux types de bruit: un bruit de nature pulsée, tel celui de l'impact du battage de palplanches et de pieux, et le bruit de nature non-pulsée, tel celui des forages d'ancrage et des autres activités de construction. Parmi ces bruits de construction, le bruit impulsif est celui qui est susceptible d'être le plus intense, se propager le plus loin et engendrer le plus d'impact sur les poissons et mammifères marins (Rodkin et Reyff 2004, Madsen et al. 2006, Southall et al. 2007, Erbe 2009, Hildebrand 2009, Mann et al. 2009, Popper et Hastings 2009, Bailey et al. 2010, Hastings 2011, Brandt et al. 2011). Notons que la navigation dans la Voie Maritime du Saint-Laurent introduit aussi un niveau de bruit non négligeable dans cet habitat (Simard et al. 2010, Y. Simard données non publiées).

Le bruit de battage de pieux et de palplanches a communément des intensités dépassant 220 dB re 1  $\mu\text{Pa}_{pp}$  à 10 m de la source (Bailey et al. 2010, Reinhall et Dahl 2011) et les niveaux à 1 km peuvent excéder 180 dB re 1  $\mu\text{Pa}_{pp}$  (Tougaard et al. 2009, Bailey et al. 2010, Hastings

2011). L'énergie est concentrée aux basses fréquences de quelques centaines de Hz à quelques kHz, mais leur large bande inclue les infrasons (< 50 Hz) et les ultrasons (> 20 kHz) (e.g. Erbe 2009, Bailey et al. 2010, Stockham et al. 2010) qu'utilisent les animaux pour la communication et l'écholocalisation (NRC 2003, Au et Hastings 2008). Ils peuvent être détectables jusqu'à plusieurs dizaines de km de la source (e.g. Bailey et al. 2010), les effets de propagation atténuant particulièrement leurs hautes fréquences et augmentant leur durée (e.g. Erbe 2009, Bailey et al. 2010). La nature répétitive de ces bruits d'impacts à haute cadence occasionne une augmentation rapide du niveau d'exposition cumulé par les animaux exposés à ces bruits.

Les impacts directs et indirects sur les organismes sont divers et l'étendue spatiale de leur réponse comportementale peut atteindre plusieurs dizaines de km, comme ce fut observé pour le marsouin commun (Tougaard et al. 2009, Brandt et al. 2011). Ils varient entre les extrêmes d'aucun effet notable et la mort de l'animal par dommages physiologiques à des tissus internes à faibles distances de la source, et incluent tous les niveaux intermédiaires, comprenant la perte permanente ou temporaire de l'audition, le stress, le déplacement de l'habitat à petite et grande échelle spatiale pour des durées variables, l'exclusion de sources de nourriture pouvant affecter la survie, le masquage des communications et de la perception auditive de l'environnement, etc. (Hastings & Popper 2005, Southall et al. 2007, Popper et Hastings 2009, Slabbekoorn et al. 2010).

Comme les mammifères marins font un grand usage de l'acoustique pour réaliser leurs fonctions vitales quotidiennes, les impacts d'interférences acoustiques introduites par l'homme dans leur environnement comme celles du projet proposé ont des conséquences diverses non négligeables sur leur état de santé, et présentent un risque pour le rétablissement des populations des espèces à statut précaire mentionnées plus haut et fréquentant la région qui sera affectée par le bruit introduit (Nowacek et al. 2007, Weilgart 2007, Tyack 2008).

## **Analyse et réponse**

### **Réponses aux questions:**

#### **Question 1**

Étant donné qu'aucun forage ou enfoncement de pieux ou de palplanches n'aura lieu entre les mois de juin et août et qu'un programme de surveillance des cétacés sera mis en oeuvre, est-ce que les activités de construction du brise-lames aux Escoumins risquent de causer un dérangement important ou des impacts significatifs aux cétacés?

#### **Réponse 1**

Oui, car les rorquals bleus, bélugas et autres cétacés demeurent en abondance dans l'EMSL après le mois d'août. Par exemple, le mois de septembre en est un d'abondance maximale pour le rorqual bleu et d'une concentration importante pour le béluga.

Les bruits générés lors de la réalisation des travaux, particulièrement ceux de fonçage des pieux et des palplanches, sont d'une intensité et d'une nature à se propager sur plusieurs dizaines de kilomètres du site de construction, et excéderont largement le seuil d'audibilité pour les différentes espèces de mammifères marins fréquentant l'EMSL.



Compte tenu de ce qui précède; des réactions négatives documentées à des travaux semblables chez d'autres espèces de mammifères marins, incluant le marsouin commun; du fait que la région visée constitue l'habitat principal des rorquals bleus et des rorquals communs de juin à décembre pour une activité essentielle à leur survie; que cette région constitue l'habitat d'une proportion substantielle de la population de bélugas du Saint-Laurent durant toute l'année; et que le secteur à proximité du site de construction est un lieu de forte résidence pour le béluga du Saint-Laurent et l'un des principaux habitats d'alimentation des rorquals bleus lorsque dans l'EMSL; nous jugeons que le projet, tel que proposé, risque fort d'affecter une proportion significative des populations de rorquals bleus et de bélugas, et dans une moindre mesure de rorquals communs et de marsouins communs. Bien que le degré de réaction comportementale et physiologique des animaux soit difficile à prévoir, les conséquences pourraient être graves si un délaissement même partiel de la région s'avérait. Les mesures d'atténuation proposées sont jugées insuffisantes pour éviter la modification du comportement normal des individus, et des impacts potentiellement significatifs sur le rorqual bleu, le rorqual commun et le béluga.

Par ailleurs, les données disponibles montrent que les niveaux dans cette zone peuvent dépasser 180 dB re 1 uPa pp, comme mentionné plus haut. Alors, le maintien d'une zone d'exclusion de 1000 m est nécessaire afin de minimiser les risques de dommages physiques aux animaux.

### Question 2

Le cas échéant, quelles mesures d'atténuation additionnelles devrait-on exiger du promoteur afin de réduire ce dérangement ou ces impacts?

### Réponse 2

Le projet devrait être modifié pour étendre la période d'exclusion de juin à septembre inclusivement, afin de ne pas perturber l'alimentation des rorquals bleus qui abondent en août et septembre dans l'EMSL, et dont l'activité se concentre principalement à proximité du site des travaux. Cette mesure permettra également de réduire la proportion de la population de bélugas du Saint-Laurent susceptible d'être affectée par les travaux. De plus, aucun fonçage de pieux ou de palplanche par battage ne devrait être permis avant décembre puisque ce sont les activités les plus bruyantes et les plus susceptibles d'interférer avec le comportement normal des individus.

Les mesures d'atténuation suivantes permettraient de réduire le bruit généré et propagé dans l'eau:

- L'introduction graduelle des sources de bruit avant leur opération normale, en particulier le bruit de battage, permettrait de minimiser les risques d'impacts et donner le temps aux animaux de quitter la zone
- Utilisation de capuchons d'atténuation d'impact (Laughlin 2006)
- Utilisation d'une enceinte d'air autour des pieux ou palplanches lors du battage (Hastings 2011, Laughlin 2006, Lee et al. 2011)
- Construction du mur extérieur avant celui intérieur, de manière à former un écran limitant la propagation vers le large du son généré lors de la construction du mur intérieur
- Utilisation d'un rideau de bulles d'air

Ces mesures d'atténuation devraient réduire drastiquement les impacts sur les rorquals bleus (et les rorquals communs et marsouins communs), et amenuiseront ceux sur les bélugas. Toutefois, étant donné que l'estuaire maritime demeure fréquenté à l'année par une portion de la population de bélugas, les effets, s'ils s'avéraient, ne seraient pas totalement évités pour cette espèce par les mesures d'atténuations additionnelles proposées. Toutefois, elles pourraient réduire les risques d'impact significatifs à des niveaux plus acceptables.

Le monitoring visuel des zones d'exclusion proposé ne sera pas efficace en mauvaises conditions de visibilité. Afin de permettre une détection et un suivi plus efficaces des animaux sous l'eau avant qu'ils ne pénètrent dans la zone d'exclusion, ces observations devraient être complémentées par un suivi de la présence des animaux dans la région au moyen de technologies PAM (passive acoustic monitoring, e.g. Simard et Roy 2008).

Le promoteur devrait être encouragé à faire le suivi des bruits sous-marins en temps réel, notamment via le système PAM mis en place pour détecter les animaux sous l'eau par leurs vocalisations, la fréquentation de la zone à proximité de celle des travaux, de même qu'une zone élargie dès le début des travaux afin de documenter les niveaux de bruits générés et le degré de réaction des grands rorquals et des bélugas aux travaux de diverses natures. S'il s'avérait que les réactions des bélugas soient importantes, d'autres mesures d'atténuation afin de réduire les impacts du projet sur cette espèce devraient être envisagées. Un suivi du bruit introduit dans l'eau et son atténuation le long du parcours de propagation devrait être effectué pendant toute la durée des travaux et quelques semaines après la fin des travaux, par exemple en ajoutant au système PAM en temps réel des mouillages d'hydrophones autonomes à quelques points distances des travaux dans l'anse et au large, selon les méthodes usuelles de déploiement (e.g. Simard et Roy 2008).

### Question 3

Si aucune mesure ne permet de réduire les impacts, peut-on conclure que les activités de construction ne toucheraient les populations de béluga du Saint-Laurent et de rorqual bleu de l'Atlantique que de façon incidente, et que les conditions suivantes seraient toutes respectées?

- Toutes les solutions de rechange raisonnables ont été examinées et la meilleure solution a été adoptée;
- Toutes les mesures afin de minimiser les conséquences négatives de l'activité ont été prises;
- L'activité ne mettra pas en péril la survie ou le rétablissement de l'espèce

### Réponse 3

Sur la base des informations fournies sur le projet proposé, ainsi que sur les données existantes sur les mammifères marins et l'impact du bruit anthropique dans leur habitat, et si le projet est réalisé tel que proposé et n'est pas altéré pour inclure les mesures d'atténuation additionnelles mentionnées ci-dessus, il faut répondre par la négative à tous les volets de cette question.

## Conclusions

Le projet proposé de construction d'un brise-lame côtier dans une région reconnue comme habitat exceptionnel pour les mammifères marins (ZPM de l'Estuaire et Parc Marin) présente des risques non-négligeables d'impacts négatifs sur les animaux fréquentant la région, dont les espèces soumises à la LEP que sont les bélugas et les rorquals bleus. Cet impact est transmis par la propagation des bruits associés à la construction, particulièrement les bruits pulsés de battage de palplanches et de pieux. Ces forts bruits pulsés peuvent causer des dommages physiques permanents aux animaux à courtes distances de la source. Ils modifient le bruit ambiant sur des distances de plusieurs dizaines de km et engendrent des effets sur le comportement des animaux qui ont été démontrés jusqu'à au moins 20 km.

Comme d'habitude, les moyens de minimiser les impacts sont dans l'ordre: 1) la restriction des fenêtres temporelles et spatiales des travaux, 2) l'atténuation des sources d'impact, 3) le monitoring de zones d'exclusion, 4) l'introduction graduelle des sources d'impact, 5) le suivi des impacts pendant la période des travaux et après celle-ci (c.f. Jefferson et al. 2009).

1) Pour le premier point, selon le plan reçu pour les travaux, les bruits pulsés de battage ne devraient se faire que tard à l'automne, vers décembre ou janvier. Comme les grands rorquals terminent alors essentiellement leur fréquentation annuelle de la région, plus le bruit sera tardif, moins élevé sera le risque d'impact pour ces animaux. Pour le béluga, le manque d'information précise sur leur habitat hivernal ne permet pas d'assumer que ce sera aussi le cas. Le plan de battage de palplanches et des pieux mentionne que cette activité ne se fera que de jour et pendant les jours ouvrables. Cet agenda permet des périodes de repos - et récupération le cas échéant - pour les animaux la nuit et entre les séances de bruit pulsé. Le maintien de ces périodes de repos pour les animaux est recommandé.

2) Pour l'atténuation des sources d'impact, l'emploi du vibrofonçage pour l'enfouissement des palplanches et des pieux est avantageux comparé au battage pour minimiser l'impact du bruit de construction. L'emploi du vibrofonçage est par conséquent à maximiser pour tous les travaux d'enfouissement. Pour atténuer le bruit de battage, l'usage optimal des diverses méthodes récentes d'atténuation, mentionnées plus haut et expérimentées à divers endroits dans le monde, est nécessaire pour réduire le bruit d'impact : capuchons d'atténuation, aération et coffrages d'air. Une atténuation de la propagation du bruit vers le large pendant la construction du mur intérieur de l'ouvrage est possible si le mur extérieur est construit et appuyé en premier, avant le mur intérieur; il servira alors d'écran partiel pour le bruit généré pendant la mise en place du mur intérieur.

3) Le monitoring visuel proposé de zones d'exclusion de 0,6 km dans le cas du vibrofonçage et le forage, et de 1 km dans le cas du battage, par des observateurs expérimentés pendant la durée des travaux bruyants est requis. Cependant, comme les conditions météo (brume, vents, vagues) et le comportement de surface parfois court et dissimulé des animaux ne permettent pas une efficacité constante, un suivi acoustique en temps réel des vocalisations des animaux depuis le poste d'observations est recommandé pour mieux détecter leur présence en continue et les suivre avant qu'ils ne pénètrent la zone d'exclusion.

4) L'introduction graduelle des sources d'impacts, en particulier le bruit de battage, est une mesure de précaution usuelle employée pour minimiser les risques d'impacts et permettre aux animaux de quitter la zone avant d'opérer normalement. Il est donc recommandé d'appliquer cette mesure pendant 15 minutes, pour tout démarrage des travaux bruyants.

5) Finalement, parmi les mesures d'atténuation, il faut inclure un suivi de l'impact généré pendant la période des travaux et après celle-ci pour s'assurer de l'efficacité des mesures de mitigation et que les conditions pré-travaux ont été rétablies à la fin du projet comme proposé dans les mesures de mitigations.

### Collaborateurs

Les personnes suivantes ont révisé le rapport :

Mike Hammill	Direction régionale des Sciences, Mont-Joli
Véronique Lesage	Direction régionale des Sciences, Mont-Joli
Yvan Simard	Direction régionale des Sciences, Mont-Joli
Charley Cyr	Direction régionale des Sciences, Mont-Joli (éditeur)

### Approuvé par

Serge Gosselin  
Directeur  
Division d'avis, informations et soutien scientifiques  
Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, Québec

Date: 11 Août 2011

### Sources de renseignements

- Au, W. W. L. et Hastings, M. C. 2008. Principles of marine bioacoustics. Springer, NY.
- Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G. et Thompson, P. M. 2010. Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. Mar. Poll. Bull. 60: 888-897.
- Brandt, M. J., Diederichs, A., Betke, K. et Nehls, G. 2011. Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 421: 205-216.
- Comtois, S., Savenkoff, C., Bourassa, M.-N., Brêthes, J.-C. et Sears, R. 2010. Regional distribution and abundance of blue and humpback whales in the Gulf of St. Lawrence. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2877: 1-48.
- Doniol-Valcroze, T., Lesage, V., Giard, J., Michaud, R. *Submitted*. Modelling the habitat of endangered blue whales on a North Atlantic feeding ground: insights from the identification of feeding events. Endangered Species Research



- Edds, P. L. et MacFarlane, J. A. F. 1987. Occurrence and general behavior of balaenopterid cetaceans summering in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Can. J. Zool.* 65: 1363-1376.
- Erbe, C. 2009. Underwater noise from pile driving in Moreton Bay, Qld. *Acoust. Aust.* 37: 87-92.
- Greene, C. R. J., Blackwell, S. B. et McLannan, M. W. 2008. Sounds and vibrations in the frozen Beaufort Sea during gravel island construction. *J. Acoust. Soc. Am.* 123: 687-695.
- Hastings, M. C. 2011. Comparative performance of attenuation treatments designed to mitigate underwater noise from pile driving. *J. Acoust. Soc. Am.* 129: 2460.
- Hastings, M. C. et Popper, A. N. 2005. Effects of Sound on Fish, California Department of Transportation Contract 43A0139, Task Order 1.
- Hildebrand, J. 2009. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 395: 5-20.
- Jefferson, T. A., Hung, S. K. et Würsig, B. 2009. Protecting small cetaceans from coastal development: Impact assessment and mitigation experience in Hong Kong. *Mar. Policy* 33: 305-311.
- Laughlin, J. (2006). Underwater sound levels associated with pile driving at the Cape Disappointment boat launch facility, wave barrier project. Washington State Park Wave Barrier Project. Washington State Department of Transportation, Office of Air Quality and Noise, 15700 Dayton Avenue North, P.O. Box 330310. Seattle, WA 98133-9710. [http://www.beamreach.org/wiki/images/4/4f/Cape\\_Disappointment\\_Pile\\_Driving\\_Report\\_Final\\_3-06revised.pdf](http://www.beamreach.org/wiki/images/4/4f/Cape_Disappointment_Pile_Driving_Report_Final_3-06revised.pdf)
- Lee, K. M., Hinojosa, K. T., Wochner, M. S., Argo, T. F., Wilson, P. S. et Mercier, R. S. 2011. Mitigation of low-frequency underwater sound using large encapsulated bubbles and freely-rising bubble clouds. *J. Acoust. Soc. Am.* 129: 2462.
- Lemieux Lefebvre, S. 2009. Déplacements et patrons de résidence chez la population de bélugas de l'estuaire du St-Laurent. M.Sc. thesis, UQAR, Québec. 111 p.
- Lesage, V., Gosselin, J.-F., Hammill, M. O., Kingsley, M. C. S. et Lawson, J. W. 2007. Ecologically and Biologically Significant Areas (EBSAs) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence - A marine mammal perspective. *Can. Sci. Adv. Sec., Res. Doc.* 2007/046: 1-94.
- Lesage, V., Hammill, M. O. et Kovacs, K. M. 2004. Long-distance movements of harbor seals (*Phoca vitulina*) from a seasonally ice-covered area, the St. Lawrence River estuary, Canada. *Can. J. Zool.* 82: 1070-1081.
- Madsen, P. T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. et Tyack, P. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals: Implications of current knowledge and data needs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 309: 279-295.
- Mann, D., Cott, P. et Horne, B. 2009. Under-ice noise generated from diamond exploration in a Canadian sub-arctic lake and potential impacts on fishes. *J. Acoust. Soc. Am.* 126: 2215-2222.

- Michaud, R., Vézina, A., Rondeau, N., et Vigneault, Y. 1990. Distribution annuelle et caractérisation préliminaire des habitats du béluga, *Delphinapterus leucas*, du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1757: 1-31.
- Mosnier, A., Lesage, V., Gosselin, J.-F., Lemieux Lefebvre, S., Hammill, M.O. et Doniol-Valcroze, T. 2010. Information relevant to the documentation of habitat use by St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*), and quantification of habitat quality. CSAS Doc. Res. 2010/098: iv + 36 p. Available at <http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas>
- Nowacek, D. P., Thorne, L.H., Johnston, D. W. et Tyack, P. L. 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. Mamm. Rev. 37: 81-115.
- NRC 2003. Ocean noise and marine mammals. National Academy Press.
- Popper, A. N. et Hastings, M. C. 2009. The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. J. Fish Biol. 75: 455-489.
- Reinhall, P. G. et Dahl, P. H. 2011. Acoustic radiation during marine pile driving. J. Acoust. Soc. Am. 129: 2460.
- Rodkin, R. B. et Reyff, J. A. 2004. Underwater sound pressures from marine pile driving. J. Acoust. Soc. Am. 116: 2648.
- Sears, R. et Calambokidis, J. 2002. Update COSEWIC status report on the Blue Whale *Balaenoptera musculus* in Canada. In COSEWIC assessment and update status report on the Blue Whale *Balaenoptera musculus* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, Ottawa. pp. 1-32.
- Simard, Y. 2009. Le Parc Marin Saguenay–Saint-Laurent: processus océanographiques à la base de ce site d'alimentation unique des baleines du Nord-Ouest Atlantique. Rev. Sc. Eau / J. Water Sci. 22: 177-197.
- Simard, Y. et Roy, N. 2008. Detection and localization of blue and fin whales from large-aperture autonomous hydrophone arrays: a case study from the St. Lawrence estuary. Can. Acoust. 36: 104-110.
- Simard, Y., Lepage, R., et Gervaise, C. 2010. Anthropogenic sound exposure of marine mammals from seaways: Estimates for lower St. Lawrence Seaway, eastern Canada. Applied Acoust. 71: 1093-1098.
- Slabbekoorn, H., Bouton, N., van Opzeeland, I., Coers, A., ten Cate, C. et Popper, A. N. 2010. A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. Trends Ecol. Evol. 25: 419-427.
- Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Green, C. R., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E. Richardson, W. J., Thomas, J. A. et Tyack, P. L. 2007. Marine mammal noise exposure criteria. Aquat. Mamm. 33: 411-521.
- Stockham, M. L., Dahl, P. H. et Reinhall, P. G. 2010. Characterizing underwater noise from industrial pile driving at close range. IEEE Oceans 2010, 20-23 Sept., Seattle, WA. p 1-4.

- Tougaard, J., Carstensen, J., Teilmann, J., Skov, H. et Rasmussen, P. 2009. Pile driving zone of responsiveness extends beyond 20 km for harbor porpoises (*Phocoena phocoena* (L.)). J. Acoust. Soc. Am. 126: 11-14.
- Tyack, P. 2008. Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. J. Mamm. 89:549-558.
- Weilgart, L. S. 2007. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management." Can. J. Zool. 85: 1091-1116.

**Ce rapport est disponible auprès du :**

Centre des avis scientifiques (CAS)  
Région du Québec  
Pêches et océans Canada  
Institut Maurice-Lamontagne  
C.P. 1000, Mont-Joli  
Québec (Canada)  
G5H 3Z4

Téléphone : 418-775-0825  
Télécopieur : 418-775-0679  
Courriel : charley.cyr@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : [www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs)

ISSN 1919-3793 (Imprimé)  
ISSN 1919-3815 (En ligne)  
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2011

*An English version is available upon request at the above address.*



**La présente publication doit être citée comme suit :**

MPO. 2011. Ajout d'un brise-lame au quai des pilotes de Les Escoumins, Québec - Effets potentiels sur les mammifères marins. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2011/007.